

RAPPORT FINAL

Programme « Modélisation et Scénarios de la Biodiversité » Appel à Projets 2011

Acronyme : Clim-FABIAM

Projet n° :

TITRE DU PROJET: Climate change and Floodplain lake biodiversity in the Amazon Basin: how to the ecological and economic sustainability

Rédacteur(s) du Rapport Marie-Paule Bonnet ; Emilie Coudel ; Pierre Bommel

Date de la rédaction : Fev 2016

E-mail : marie-paule.bonnet@ird.fr ; emilie.coudel@cirad.fr ; bommel@cirad.fr

Durée du Projet : 36 mois

Date de début: Novembre 2012

Date de fin : Novembre 2015

1. Description courte à publier



Hot-spots de biodiversité, les plaines d'inondation amazoniennes comptent parmi les écosystèmes les plus riches et productifs au monde. La vie des organismes et des sociétés humaines y est rythmée par les cycles d'inondation. Or, les changements hydrographiques perçus ces dernières années déstabilisent les systèmes de production traditionnels. Couplés à une augmentation démographique, ces changements modifient la qualité de l'eau et les peuplements des

micro-organismes aquatiques ainsi que la production agricole, d'élevage et de pêche. Nos analyses montrent en outre une présence renforcée des cyanobactéries dans les communautés planctoniques. Les crues fortes et prolongées poussent les éleveurs à ouvrir plus de pâturages ce qui conduit à une dégradation du milieu. La démarche prospective participative, basée sur la modélisation, devrait conduire les acteurs à acquérir une meilleure compréhension des phénomènes en cours et proposer des alternatives et des réglementations plus durables.

2. Résumé

Hot-spots de biodiversité, les plaines d'inondation Amazoniennes (*várzeas*) comptent parmi les écosystèmes les plus diversifiés et productifs au monde. Toujours en mouvement, le littoral de transition entre milieu aquatique et terrestre empêche la stagnation et permet un recyclage rapide de la matière organique et des nutriments, ce qui permet une grande productivité de l'écosystème ainsi qu'une exceptionnelle richesse de la biodiversité. La vie des organismes y est rythmée par les cycles d'inondation annuels. Aux basses eaux, les berges découvertes se recouvrent de vastes pâturages naturels de plusieurs dizaines de kilomètres où les étangs et cours d'eau qui concentrent les nutriments sont propices à la reproduction des poissons. En hautes eaux, le fleuve reprend ses droits, recouvrant toute ces étendues ce qui permet de mélanger les populations et de renouveler les sols de limon.

Attirés par ces conditions favorables, des populations humaines se sont installées depuis plusieurs siècles dans ces plaines d'inondation (initialement, les amérindiens puis des colons métisses, appelés *ribeirinhos*) et ont appris à vivre avec ces énormes variations de l'environnement, en alternant leurs activités en fonction des saisons. Aux basses eaux, ils plantaient leur champ de manioc dans les limons fertiles et conduisaient des troupeaux sur les pâturages. Aux hautes eaux, ils rassemblaient leurs animaux sur des radeaux accrochés à leurs maisons sur pilotis et leur donnaient des fourrages coupés. La pêche était centrale pendant les saisons intermédiaires.

Ces trente dernières années, la variabilité des pluies et le changement d'occupation du sol (notamment lié à la déforestation) dans le bassin amazonien ont provoqué des modifications de l'hydrographie du fleuve, avec des crues plus hautes et une augmentation de la fréquence des crues exceptionnelles. Ces changements relativement rapides déstabilisent profondément les systèmes de production traditionnels et augmentent la précarité des familles. L'incertitude et la difficulté à prévoir les événements climatiques et l'intensité des crues rendent difficile le développement de stratégies adaptées sur le long terme. Ces nouvelles conditions résultant de changements à des échelles multiples, il est d'ailleurs difficile de comprendre localement les raisons de ces perturbations.

Depuis une trentaine d'années, des études ont décrit ces changements hydrologiques à l'échelle de l'Amazonie, mais peu d'informations existaient sur l'adaptation des populations à ces phénomènes. En nous appuyant sur un terrain emblématique, le Lago Grande de Curuai, près de Santarém, nous avons initié le projet Clim-FABIAM pour comprendre comment les populations locales s'adaptaient à cet environnement changeant et comment leurs changements de pratiques pouvaient impacter à leur tour la biodiversité aquatique. En mobilisant une équipe pluridisciplinaire, nous avons cherché à relier l'hydrologie et la biochimie de l'eau, l'identification des planctons, et les confronter aux perceptions des acteurs locaux et aux stratégies qu'ils développent. A l'origine de ce projet, les hydrologues et biologistes se posaient la question : est-ce que les résultats obtenus jusqu'à présent sur les dynamiques de ces plaines d'inondation pourraient permettre aux populations locales de mieux anticiper les variations futures du fleuve pour adapter leurs activités et ainsi être moins vulnérables aux changements ? Les chercheurs en sciences sociales ont proposé de renverser la perspective pour initier le dialogue avec les populations : quelles étaient les préoccupations et stratégies des acteurs locaux et qu'attendaient-ils des chercheurs ? Le défi était de mettre en place un processus qui permettrait d'engager un réel dialogue avec les acteurs locaux, pour confronter les modèles scientifiques et les perceptions des habitants. L'idée était de nous baser sur de la modélisation d'accompagnement (ComMod), pour intégrer progressivement les

connaissances produites par les chercheurs et les savoirs des différents types d'acteurs du territoire, afin de les mettre en discussion.

Un partenariat avec le Syndicat des habitants du Lago Grande et avec une école familiale rurale basée à Curuai nous a permis de nous rapprocher des communautés de la région et leur proposer de travailler ensemble autour de ces questions. Parmi les plus de 100 communautés de la région de Curuai, nous avons choisi de focaliser notre travail sur une micro-région constituée de quatre communautés qui représentaient la diversité des préoccupations de la région : une communauté de pêcheurs dans la várzea ; une communauté au bord de lac, où l'élevage domine ; une à 10 km du lac, sur la « trans-lago », la route qui connecte toute la région, où l'agriculture est la principale activité ; et une plus éloignée, à 20 km du lac, là où de nouvelles terres sont ouvertes. Le contact avec l'école rurale a permis un rapprochement avec des lycéens, futurs agriculteurs fortement impliqués dans leurs communautés. En plus de les initier à nos activités scientifiques, nous avons pu, par leur intermédiaire, comprendre de manière plus informelle et spontanée les préoccupations de la région.

Des activités participatives et des entretiens menés par des anthropologues ont permis de discuter avec les populations locales des changements qu'ils percevaient. L'augmentation du niveau des eaux lors des crues est une de leurs grandes préoccupations, car celle-ci les oblige à redéployer leurs activités en terre ferme et parfois même à abandonner leurs maisons. Les niveaux de plus en plus bas d'étiage sont moins mis en avant, mais les agriculteurs parlent des difficultés liées à la sécheresse et à un décalage des pluies, qui arrivent de plus en plus tard, rendant difficile l'implantation du manioc. Cependant, les principaux changements dans leur vie viennent de pressions externes de grande envergure, comme la pêche industrielle, les troupeaux de milliers de têtes qu'envoient les *fazendeiros* (grands propriétaires) des communes avoisinantes pour pâturer dans la várzea, la possible ouverture d'une mine de bauxite dans leur territoire ou l'implantation d'un barrage en amont. Ceci révèle des perspectives différentes en termes d'adaptation : bien que les populations locales ne puissent pas grand-chose aux changements climatiques, ils semblent y faire face activement en changeant leurs activités et leurs pratiques ; mais ils se sentent bien plus vulnérables face aux pressions socio-économiques de grande échelle. Ce n'est pas tant le caractère inévitable du changement qui leur pose problème, mais plutôt l'incapacité de déterminer leur futur face à des forces économiques qui les dépassent mais qu'ils perçoivent comme injustes.

Pour comprendre les stratégies développées face aux changements climatiques, un diagnostic des activités agricoles et de pêche a révélé que la récurrence des crues importantes de ces dernières années a restreint le temps d'exploitation et la superficie des pâturages de várzea. Ceci a poussé les agriculteurs vers la terre ferme, pour y planter leur champ de manioc, et ouvrir des pâturages pour les troupeaux, au détriment de la forêt. Comme sur d'autres fronts pionniers amazoniens, la perte de fertilité des sols après ouverture induit un cycle continu de déforestation pour compenser les pâturages dégradés, ce qui conduit progressivement à une réduction de la végétation primaire et une augmentation de la forêt secondaire (*capoeira*). Mais ici, ce phénomène est intensifié par le fait que lors de grandes crues, les éleveurs sont obligés de concentrer leurs troupeaux sur le peu de pâturages disponibles et ces très forts chargements conduisent à dégrader plus vite encore les pâturages. L'analyse d'images satellite montre que l'ouverture de pâturages est d'autant plus forte après des crues exceptionnelles. Les éleveurs confirment que la forte mortalité de leurs troupeaux les années de grandes crues les poussent à ouvrir plus de pâturages pour consolider leurs réserves d'herbages. D'après les populations locales, ces nouveaux pâturages, souvent implantés au bord

des cours d'eau qui se jettent dans le lac, auraient un impact sur ces derniers, les asséchant et modifiant leur qualité.

A ces changements d'occupation des sols vient s'ajouter une augmentation démographique dans les villages de bord du lac. La surface urbanisée a été multipliée par huit entre 1985 et 2014, entre autres à cause de l'abandon des villages de várzea qui devenaient trop précaires avec les crues hautes à répétition. Les effluents d'origine humaine se concentrent et impactent considérablement la qualité de l'eau et les peuplements des micro-organismes aquatiques. En particulier, nos analyses montrent une augmentation de la présence de cyanobactéries, qui dominent les peuplements phytoplanctoniques à plusieurs époques du cycle d'inondation. Ceci constitue une menace tant pour la santé humaine et animale que pour les dynamiques des populations de poissons. Les cyanobactéries occupent notamment les zones de transition entre milieu terrestre et aquatique, où les poissons se reproduisent le mieux. Leur présence peut donc affaiblir plus encore les stocks de poissons, déjà mis à mal par la pêche industrielle et le non-respect des règles de pêches communautaires.

Pour mettre en débat avec les acteurs locaux ces différents résultats et hypothèses, un modèle a progressivement été formalisé. Ce modèle propose une représentation simplifiée de la réalité, qui met en avant les principaux enjeux liés à l'adaptation. Dans un premier temps, nous avons construit avec les élèves de l'école familiale rurale un jeu de rôle nommé « Varzea Viva ». Les 4 communautés avec lesquelles nous travaillons y figuraient, chacune représentée par 4 propriétés agricoles. Chacun des 16 joueurs gère une propriété, qu'il doit aménager selon ses envies et en fonction des contraintes de la réalité : main d'œuvre, argent, couvert, bétail et localisation. Un des enjeux collectifs du jeu repose sur la circulation des troupeaux de bétail entre la varzea et les pâturages de terre ferme, obligeant les joueurs sans pâturage au moment des inondations à trouver un autre joueur pouvant lui louer son pâturage. Des sessions de jeu dans chacune des 4 communautés, puis rassemblant les 4 communautés, ont permis de riches échanges avec les agriculteurs et pêcheurs, notamment autour des contraintes autour des problèmes de planification et des contraintes environnementales et socio-économiques à long terme. Pendant ces sessions, les acteurs abordent spontanément l'impact de leurs activités sur les ressources naturelles mais sans toujours réussir à expliciter les relations de cause à effets.

Afin de mieux formaliser les relations entre activités humaines et environnement et d'augmenter les horizons des sessions de jeux, un modèle informatique hybride a été construit dans le prolongement du jeu : il s'agit de faire simuler les processus biophysiques par la machine et d'y intégrer les activités humaines décidées par les joueurs. Basé sur la même structure du jeu qui avait été validée par les acteurs, ce modèle cherche à spécifier les impacts des activités à partir des données des chercheurs et à accélérer le temps, en simulant des pas de 4 ans. La dégradation des pâturages et la diminution des stocks de poisson sont ainsi mieux mis en évidence. Une première session de scénario a été réalisée avec les élèves de l'école familiale rurale et a permis de vérifier la compréhension et l'ergonomie de l'interface. Nous prévoyons maintenant de réaliser des sessions dans les communautés avec les agriculteurs et pêcheurs, pour voir quelles stratégies ils envisagent à long terme face aux changements environnementaux et quels scénarios alternatifs ils proposeraient. A terme, ce modèle-jeu sera mis à disposition pour être utilisé sous forme autonome par les acteurs, pouvant ainsi devenir un outil d'animation pour les ONG ou les écoles.

Pour devenir une vraie équipe interdisciplinaire, le grand enjeu pour nous a été d'abord d'apprendre les uns des autres pour pouvoir mieux travailler ensuite avec les populations locales. La construction d'un modèle informatique commun nous a obligé

à partager de manière simple les informations qui avaient été collectées par les différents groupes de travail. Cette simplification n'est pas toujours facile et peut être ressentie par certains comme trop d'approximation. Mais elle est nécessaire pour pouvoir présenter de manière accessible nos résultats et les débattre. Nous avons dû également trouver les points d'intérêts communs avec les communautés locales, notamment en traduisant le concept de « biodiversité aquatique » en enjeux concrets qui font sens pour les acteurs locaux. Le premier enjeu était la pêche, mais les acteurs ont été fascinés par les planctons aux formes incroyables qu'ils ignoraient côtoyer au quotidien. Nous avons également découvert que la qualité de l'eau et les cyanobactéries devenaient une réelle préoccupation pour eux. La restitution des résultats aux communautés, au travers de cartes (laissées dans les écoles des communautés), de présentations de graphiques et de petits jeux ludiques (sur les planctons par exemple) a permis de marquer la fin d'une première étape d'un partenariat fructueux.

3. Rapport d'activités et productions scientifiques

Description générale des activités

Les plaines d'inondation amazoniennes sont des milieux particulièrement diversifiés et productifs, colonisés par l'homme depuis des siècles. Les populations ont appris à s'adapter aux rythmes hydrographiques saisonniers pour y puiser les ressources nécessaires à leur subsistance. Ces trente dernières années, la variabilité des pluies et le changement d'occupation du sol (notamment lié à la déforestation) dans le bassin amazonien ont provoqué des modifications de l'hydrographie du fleuve, avec une fréquence accrue des crues exceptionnelles. Ces changements relativement rapides déstabilisent profondément les systèmes de production traditionnels et augmentent la précarité des familles. L'incertitude et la difficulté à prévoir les événements climatiques et l'intensité des crues rendent difficile le développement de stratégies adaptées sur le long terme. Ces nouvelles conditions résultant de changements à des échelles multiples, il est d'ailleurs difficile de comprendre localement les raisons de ces perturbations.

Dans ce contexte, le projet Clim-FABIAM a proposé d'étudier comment les populations ressentaient les changements actuels, adaptaient leurs systèmes de production et quelle pouvait en être l'influence sur la biodiversité aquatique. Il a proposé d'explorer avec les acteurs locaux des scénarios d'évolution afin de les aider à définir collectivement des stratégies qui permettraient d'augmenter leur bien-être tout en minimisant les impacts sur la biodiversité.

Les activités se sont concentrées sur la plaine d'inondation du Lago Grande de Curuai qui comprend 133 communautés pour une population totale d'environ 30 000 habitants et qui du point de vue hydrologique et biogéochimique est bien représentative des plaines d'inondation du cours inférieur de l'Amazone. La méthodologie ComMod (modélisation d'accompagnement), centrale dans le projet, a permis de coordonner et articuler d'une part les activités au sein de l'équipe pluridisciplinaire, et d'autre part les interactions avec les acteurs locaux. Cette méthodologie repose sur une démarche participative avec les acteurs et ne peut donc pas s'envisager sans un ancrage fort du projet auprès des institutions et

populations locales. Elle n'est donc pas réalisable à l'échelle de l'ensemble des communautés du site étudié.

La première étape du projet a donc consisté à établir le contact auprès des institutions locales (syndicats, associations communales, ONG CEAPAC) et à assurer un ancrage dans les communautés.

- Le projet a reçu le soutien ferme du syndicat des agriculteurs du Lago Grande (FEAGLE), dont le président nous a introduit dans un premier temps dans les communautés de la région du Lago Grande puis accompagné tout au long du projet.
- Une première mission exploratoire dans les communautés a permis de mieux cerner les préoccupations des acteurs locaux et leurs attentes vis-à-vis des chercheurs et d'établir un premier diagnostic territorial. Cette mission a permis la sélection de quatre communautés (distribuées selon un transect terre ferme – fleuve) bien représentatives de la dynamique sociale (rectangle rouge, reporté sur la figure 1 contenant les communautés de Terra Preta dos Viana, Soledade, Piracuara et Piedade) dans lesquelles se sont déroulées la majeure partie des activités impliquant les populations.
- Pour renforcer l'ancrage du projet et lui donner également plus « d'audience » auprès des communautés non sélectionnées, nous avons établi un partenariat avec la Casa Familiar Rural (CFR, lycée qui propose des enseignements en alternance auprès de jeunes adultes des communautés locales sur des pratiques agricoles plus durables) avec en particulier la mise en place d'« ateliers de recherche » qui se sont déroulés tout au long de l'année 2014 et ont impliqué une trentaine d'étudiants. Ils ont été sensibilisés aux recherches de l'équipe par le biais de cours théoriques et pratiques durant lesquels ils ont appris à collecter des données et interpréter les résultats pour mieux connaître les dynamiques environnementales et sociales dans leurs communautés d'origine. Plus ponctuellement dans le temps, ils ont participé à une « journée du chercheur » durant laquelle ils nous ont accompagné sur le terrain et ainsi mieux compris les activités que nous avons développées (type de collectes de données, méthodes de relevés...). Les étudiants ont également été associés aux ateliers de modélisation d'accompagnement organisés dans les communautés sélectionnées.

Dans les communautés ciblées, trois grands types d'activités ont été organisés :

- Des entretiens, questionnaires et ateliers visant d'une part, à mieux comprendre l'organisation du système de production (type d'activités, calendrier des activités pendant l'année, organisation spatiale de la communauté, etc.) et d'autre part, à étudier les connaissances et perceptions des acteurs sur leur milieu et ses changements dans les dernières décennies.
- Des ateliers pour mieux comprendre les stratégies d'adaptation des acteurs vis-à-vis des changements avec comme support un jeu de rôle et modèle SMA hybride (c.f ci-dessous) suivi de débats.

- Des activités d'information et de restitution dans les communautés ainsi que des interventions dans les écoles.

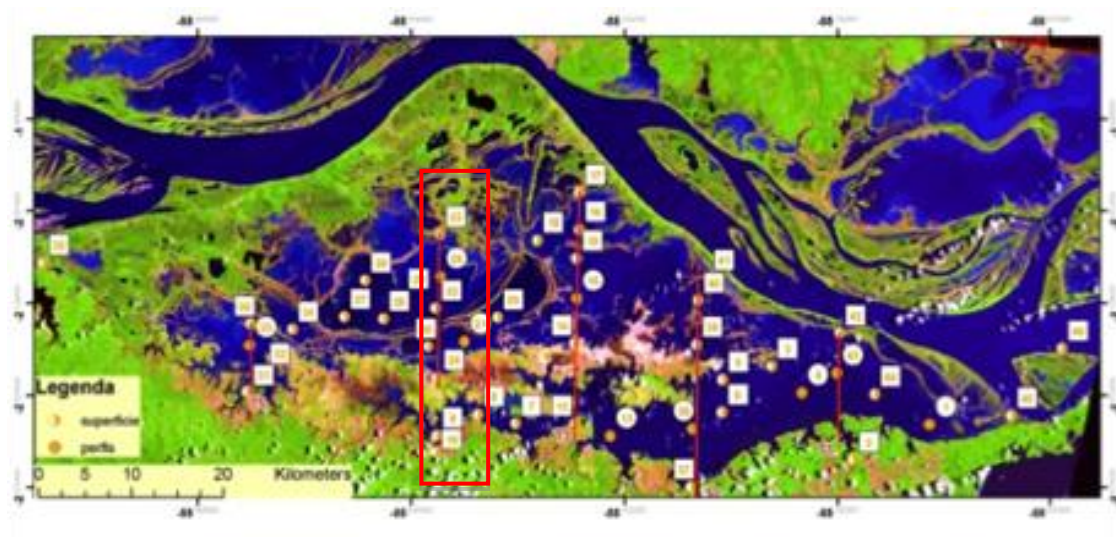
Focus groupes



Calendrier des activités

Figure 1 : activités dans les communautés

Figure 2 Image satellite du lac de Curuai présentant les différents points d'échantillonnage ainsi que le transect où se trouvent les quatre communautés sélectionnées



En parallèle, une partie des activités a été consacrée à la caractérisation biophysique du milieu et de sa biodiversité aquatique étudiée au travers des premiers maillons de la chaîne trophique. Quatre missions ont été réalisées à des périodes hydrologiques contrastées : en période de montée (Mars 2013) et descente des eaux (Septembre 2013), en période haute (Mai 2014) et basse des eaux (Novembre 2014). A chaque mission, les points reportés sur la figure 2 ont été échantillonnés pour les paramètres physico-chimiques classiques, les teneurs en nutriments et la caractérisation des micro-organismes (bactéries, phyto et zooplancton).

Cet échantillonnage distribué spatialement avait pour objectif de tenir compte d'une part de la connectivité hydrologique et des relations entre systèmes terrestres et aquatiques, et d'autre part de permettre le développement de proxies à partir de l'observation spatiale, en particulier la caractérisation des propriétés optiques de l'eau pour caractériser les teneurs en matériel en suspension et la chlorophylle et



groupes algaux à partir des satellites multi-spectraux. Ces données ont été complétées par un échantillonnage mensuel des mêmes paramètres mais sur un nombre plus limité de points réalisés par nos partenaires de l'UFOPA (Université Fédérale de l'Ouest du Pará, basée à Santarem). En parallèle et grâce au financement sur d'autres projets en cours, nous avons réalisé des mesures sur l'hydrologie et l'hydrodynamique de la plaine d'inondation.

Figure 3 : illustrations des activités développées aux cours des missions « bateau »

En parallèle, la cartographie des paysages et des propriétés hydrologiques des sols en fonction des composants paysagers a été conduite à partir de relevés de terrain et de l'imagerie satellitaire. Cette étude avait pour objectif de faire le lien avec les activités menées auprès des populations locales afin de permettre *in fine*, l'extrapolation des résultats à l'échelle de l'écosystème.

Sur le plan méthodologique, un point fort du projet a été d'utiliser la modélisation conceptuelle, le jeu de rôle et la modélisation multi-agent comme des supports non seulement d'interaction chercheur-acteurs mais également de cohésion et d'échange au sein de l'équipe pluridisciplinaire. Cette démarche nous a permis de garantir que chaque représentant des disciplines représentées s'approprie les outils et les résultats des autres et articulent leurs propres méthodologies et résultats en fonction. Cette méthodologie a également permis que chacun puisse acquérir une vision la plus complète possible du fonctionnement socio-écologique de la plaine d'inondation et participe au développement des scénarios et débats qui ont suivi.

De même, placer la restitution auprès de population comme un des objectifs clef du projet, a également été une démarche primordiale pour favoriser les interactions entre les chercheurs et leur implication auprès des acteurs locaux.

- **Principaux résultats**

Caractérisation du milieu et perceptions des acteurs sur les changements

Les travaux de caractérisation du milieu au travers de quatre campagnes multidisciplinaires et les enquêtes menées auprès des populations locales ont permis de réaliser un diagnostic du milieu et des principaux changements ressentis dans les dernières décennies.

- Les **perceptions des changements climatiques**, à partir d'entretiens réalisés par les anthropologues dans de nombreuses communautés du bord de lac (les traitements statistiques n'ont pas montré une relation spécifique entre les réponses et le lieu de résidence des personnes interrogées) :
 - Les personnes interrogées parlent d'une **augmentation des niveaux d'eau maximum** atteint lors des hautes eaux, mais aussi à une **intensification des basses eaux** ; une **accélération du rythme de montée et descente des eaux** ainsi qu'une diminution du temps de pause des eaux, entre la fin de la crue et le début de la décrue.
 - De façon secondaire, d'autres variables météorologiques ont été citées : élévation des températures (82,4%), **dérèglement des précipitations** (61,8%, mentionnant principalement un décalage dans la saison des pluies), ainsi que l'apparition de nouveaux phénomènes climatiques –associés essentiellement à une intensification des éclairs dans la région d'étude (plus fréquents et plus forts).

Ces résultats corroborent en grande partie les **observations disponibles** pour l'étude:

- L'évolution des niveaux d'eau enregistrés à Curuai sur les trente dernières années est présentée sur la figure 4.1. En moyenne, les amplitudes des crues dans la période 2000 à 2014 sont sensiblement supérieures aux amplitudes des crues des périodes précédentes, et en particulier, supérieures à l'amplitude de la crue 1999 pourtant mentionnée comme un évènement majeur par les populations locales. Les périodes 2005-2010 et 2010-2014 ont été marquées par des crues exceptionnelles (2009, 2012, 2014).

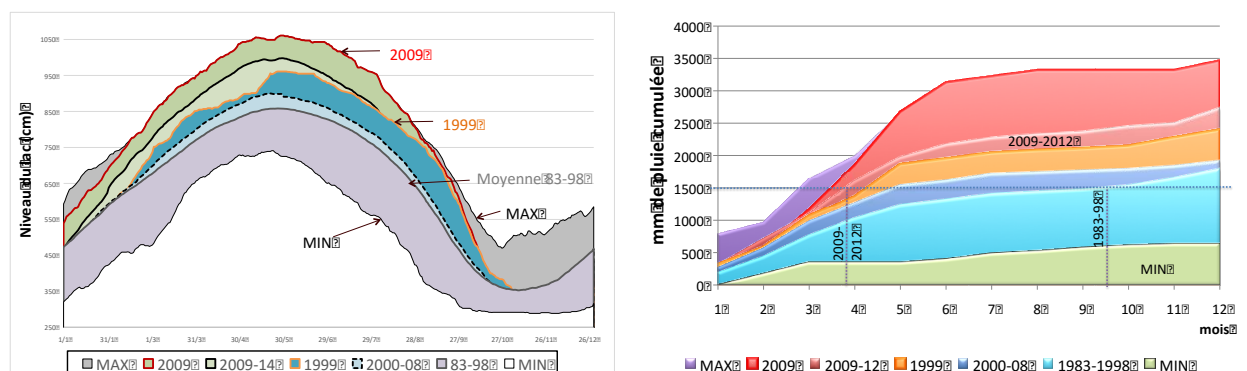


Figure 4 : Chroniques des niveaux d'eau et des précipitations cumulées observées à Curuai dans les trente dernières années

- Cette évolution traduit une augmentation de la pluviométrie sur le bassin Amazonien (Gloor et al., 2013) qui est également enregistrée localement (figure 4.2). Le cumul annuel moyen des pluies sur la période 2009-2012 est quasiment le double de celui de la période 1983-1998.

Depuis 2009, la survenue d'autres crues de forte intensité (2012, 2014), supérieure à la moyenne constatée entre 1970 et 2012, conduit les habitants du Lago Grande à dire que « maintenant, la normale a changé ». Ainsi, le rapprochement de la fréquence d'événements auparavant considérés comme extrêmes conduit les habitants à changer leurs paramètres de référence. Cependant, d'autres phénomènes intenses – mais d'une autre nature – n'ont été cités par aucun des répondants de l'échantillon : les étiages de 1995, 1997, 1998 et 2005 et 2010. Ce constat suggère que les crues exceptionnelles sont des phénomènes climatiques plus marquants que les étiages exceptionnels, très probablement en raison des dégâts matériels qu'elles provoquent, tandis que l'impact des sécheresses est moins directement ressenti, notamment pour des populations dont les activités sont surtout orientées vers le lac.

- **Perceptions des changements environnementaux et observations**

Un changement dans la qualité des eaux du fleuve, mais surtout des rivières qui drainent le bassin versant local (*igarapés*), a été mentionné par 64,7% des répondants, tandis que 79,4% font état de changements dans la couleur et l'odeur des eaux. Les perceptions sont liées à l'usage de l'eau. Globalement, cependant, les personnes interrogées estiment que la qualité des cours d'eau près des communautés a diminué ces dernières années, et qu'elle est mauvaise particulièrement au moment des hautes eaux. Pour au moins 50% de la population interrogée, les principales pollutions de l'eau sont liées à l'assainissement des villages (déchets et eaux usées). L'élevage (bovin et porcin) est également mis en cause, lorsqu'il est présent proche des cours d'eau sans respect des ripisylves (forêts galeries en bord de cours d'eau). La détérioration de la qualité de l'eau serait en lien avec l'augmentation de la population en partie liée à une concentration de l'habitat avec une migration progressive des familles vivant dans la zone inondable vers les communautés de terre ferme, et l'augmentation des hauteurs d'eau lors des crues, qui inondent les communautés. Environ 85% des personnes interrogées relèvent une diminution de la forêt et 52% un changement dans les cultures.

La caractérisation biophysique du milieu a permis de mettre en évidence :

- *L'évolution de l'occupation des sols* réalisée à partir de l'analyse et le traitement d'images Landsat en période de basses eaux en 1985, 1997 et 2014, validées par des travaux de terrain.

Cette analyse a permis de montrer :

- Une diminution d'environ 25% de la forêt primaire entre 1997 et 2014, et peu de variation entre 1985 et 1997
- Une augmentation d'environ 47% de la végétation secondaire entre 1997 et 2014, et de 8% entre 1985 et 1997.
- Une augmentation d'environ 26% des zones de cultures (*roça*) entre 1985 et 1997, et leur diminution entre 1997 et 2014 (18%)
- Une augmentation d'environ 37% des pâturages entre 1997 et 2014, et une légère diminution (8%) de 1985 et 1997

- Une forte augmentation de la surface urbanisée entre 1997 et 2014 (facteur 3.5) tandis que la superficie en 1997 était comparable à celle de 1985.

L'ouverture des pâturages de terre ferme, marquée entre 1997 et 2014, peut être entre autres attribuée à l'augmentation des niveaux d'eau pendant cette période qui diminue la durée d'exploitation des pâturages naturels de la zone inondable.

- *Qualité de l'eau et diversité spécifique et fonctionnelle du plancton*

La qualité de l'eau (teneurs en nutriments et propriétés physico-chimiques) présente des caractéristiques contrastées entre les différentes périodes hydrologiques. Les périodes de descente des eaux et de basses eaux sont marquées par une forte production primaire dans la plupart des points échantillonnés. En revanche, en période de montée des eaux, la production primaire est relativement faible excepté en quelques stations localisées dans des zones de courantologie faible et à proximité des communautés. Les teneurs en nitrogène restent faibles quel que soit la période considérée, les teneurs en phosphore élevées.

La plaine de Curuai présente une diversité spécifique importante tant au niveau du phytoplancton (198 taxons) que du zooplancton (160 taxons). La biodiversité est similaire entre les périodes. Pour le zooplancton, quelle que soit la période étudiée, le groupe des rotifères est le plus diversifié et celui des copépodes le plus abondant en termes d'individus.

La richesse spécifique du phytoplancton est similaire d'une période à l'autre mais se distribue sur des classes différentes. En période de montée des eaux, la classe des chlorophycées est la plus diversifiée, celle des cyanophycées est plus riche en descente et basses eaux. Les biomasses sont également considérablement plus importantes en période de descente et basses eaux que pendant les autres périodes. L'analyse des groupes fonctionnels (au sens de Padisak et al., 2009) montre une réduction importante de la biodiversité fonctionnelle du phytoplancton entre les périodes étudiées.

La construction d'un indice trophique a été proposée pour synthétiser une grande partie des informations biophysiques acquises et les rendre intelligibles au plus grand nombre, et en particulier aux acteurs locaux. Cet indice a été validé à partir des indications de l'état trophique fourni par les groupes fonctionnels du phytoplancton. Les cartes présentées mettent en évidence des contrastes importants entre les périodes et les lacs qui composent la plaine d'inondation. En particulier, elles nous ont permis d'identifier des zones plus dégradées dans lesquelles le phytoplancton est essentiellement composé de cyanobactéries dont certaines espèces toxiques. Elles ont servi de support aux débats sur les perceptions des

acteurs sur la dégradation du milieu et de leurs causes possibles.

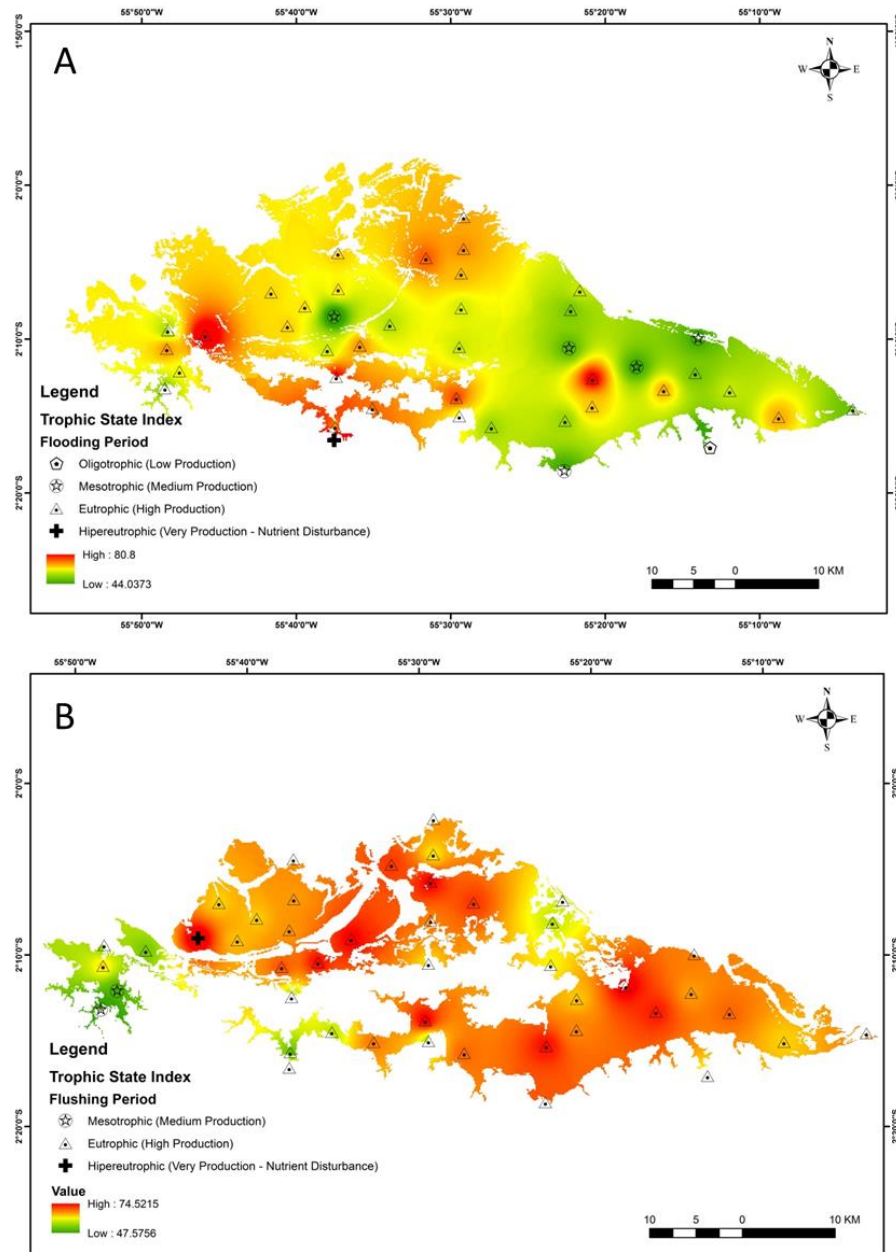


Figure 5 : Indice trophique de la plaine de Curuai validé à partir des groupes fonctionnels phytoplanctoniques identifiés aux différentes stations échantillonnées

Pratiques et stratégie d'adaptation des acteurs, scénarios : activités participatives, jeu de rôle et modélisation hybride

Comme rappelé précédemment, la modélisation au sens large a été centrale dans le déroulement du projet. Elle a permis de coordonner les activités et de synthétiser les connaissances du groupe de chercheurs et celles acquises auprès des acteurs.

La modélisation a été tout d'abord mise en place au travers d'un jeu de rôle, plus facilement accessible à tous, chercheurs comme acteurs locaux. Il permet de mettre les acteurs en « situation » et de mieux comprendre les comportements face à des situations proches du réel ou prospectives. Les séances de jeu sont toujours suivies

de séances de débriefing au cours desquelles les éléments du jeu et les scénarios joués sont discutés.

Le jeu développé, « VarzeaViva », reproduit d'une manière simplifiée le transect des quatre communautés que nous avons choisies.

Le plateau de jeu comprend :

- Une zone inondable saisonnièrement, l'amplitude de l'inondation est déterminée par un tirage au dé. En période de basses eaux, les zones exondées sont recouvertes de pâturages naturels. Les proportions eaux permanentes/ pâturages naturels respectent les observations réalisées.
- Une zone de terre ferme dont la couverture végétale est distribuée entre parcelles de forêt primaire, parcelles de capoeira (forêt secondaire), parcelles de culture et parcelles de pâturage. La dynamique naturelle (cycle de la végétation, dégradation) de chaque type couverture est représentée de manière simplifiée.
- Quatre communautés sont distribuées le long du transect zone inondable – terre ferme, dont les caractéristiques (taille des propriétés, couverture initiale) sont représentatives des communautés étudiées.
- Les lacs d'inondation dans lesquels les activités de pêches sont réalisées sont matérialisés par un cerceau dont la taille dépend de l'amplitude de l'inondation. Les filets de pêches sont matérialisés par des petits disques de papiers et les prises par des grains distribués à la volée. Le nombre total de grains de maïs distribué (qui représente le stock dans le lac) est « calibré » pour chaque type de scénario



Figure 6 : Plateau du jeu VarzeaViva

Chaque joueur (au total 16 joueurs) :

- Possède une propriété dans l'une des quatre communautés,
- Dispose d'un nombre limité de « main d'œuvre » représentatif d'une famille,
- De « biens » équivalents (nombre de vaches, bateau, ou somme initiale d'argent) en fonction de sa communauté d'appartenance.

Quatre grands types d'activités sont possibles : la pêche, l'élevage, la culture de manioc ou l'extractivisme. Le calendrier, le nombre de main d'œuvre nécessaire pour

les réaliser, les coûts et les gains possibles sont autant de règles qui découlent des entretiens et des ateliers menés dans les communautés étudiées.

Un tour de jeu se décompose en deux saisons, été et hiver, permettant d'ajuster la dynamique naturelle et la réalisation des activités selon leur calendrier propre.

Chaque séance de jeu est suivie d'une séance de débriefing au cours de laquelle les éléments du jeu et les scénarios joués sont discutés. Le côté ludique du jeu est fondamental pour libérer la parole. Chaque joueur est amené à discuter de ses choix pour maintenir sa propriété et à faire une analyse du plateau général au regard de la situation « réelle ». Ces débats ont permis d'identifier les contraintes de chaque type d'activité et ont spontanément amené les acteurs à discuter de leurs impacts sur le milieu naturel.

De manière récurrente, les acteurs ont souligné :

- La difficulté à maintenir les troupeaux car le rythme actuel des inondations limite l'exploitation des pâturages naturels de la zone inondable et oblige à ouvrir de nouveaux pâturages en zone de terre ferme, ou à les louer, ce qui engendre un coût excessif par rapport aux gains espérés de l'activité ;
- La culture de manioc exigeante en main d'œuvre et en surface de propriété (puisque le cycle de culture sur une même parcelle est restreint à quelques années) et dont le gain espéré est directement lié au prix de la farine qui fluctue énormément ;
- La diminution du stock de poisson principalement attribué à la pêche industrielle ;
- L'impact des activités humaines sur la qualité de l'eau, en particulier de l'élevage sur la qualité des cours d'eau et leur assèchement si les pâturages sont créés en bordure, mais également de la concentration progressive de l'habitat sans infrastructure sanitaire, dû à l'abandon des habitations dans les várzea (en raison des conditions précaires rencontrées dans la zone inondable du fait des épisodes de crues extrêmes).

Certains acteurs, souvent les plus jeunes, relèvent la nécessité d'une diversification de leurs activités de production mais soulignent la difficulté de la commercialisation, d'autant que les marchés locaux n'ont plus autant d'importance qu'avant, remplacés par des intermédiaires qui utilisent la route pour accéder aux communautés reculées mais qui imposent leurs bas prix.

Il ressort également de ces débats que les difficultés ne sont pas liées seulement aux changements climatiques, mais aux changements socio-économiques et démographiques et le sentiment général de ne pas être pris en compte par les autorités et institutions locales.

Cependant, en raison de la lenteur de chaque tour, le jeu ne nous a pas permis d'explorer des scénarios à moyen et long terme. Dans le meilleur des cas, les séances ont permis de représenter trois années successives. Pour permettre l'exploration de scénarios plus longs pour mieux discuter des changements de ces dernières décennies et des évolutions possibles, nous avons proposé le développement d'une modélisation de type multi-agent « hybride ».

Le modèle informatique dans ce cas, reprend en grande partie les règles du jeu de rôle mais compte tenu de la praticité et rapidité de la simulation numérique, certains aspects qui ne pouvaient pas être représentés dans le jeu ont pu être introduits :

- La dynamique naturelle a été affinée en particulier :
 - o La dynamique hydrologique s'appuie sur les données chronologiques observées pour « reproduire » les caractéristiques des 30 dernières années ;

- La dynamique des stocks de poissons qui résulte à la fois d'une loi logistique et de la pression de la pêche. Deux types de poissons « modèle » ont été introduits (ceux qui ont une bonne valeur commerciale et ceux qui sont plutôt pour la consommation) permettant de « représenter » les pressions introduites par la pêche industrielle ;
- La dynamique de dégradation/récupération des pâturages dépend de l'équilibre entre la charge des troupeaux et le temps de repos sans troupeau ;
- Le découpage des pas de temps du jeu mois par mois lors de la simulation permet de reproduire de manière plus réaliste les dynamiques des différentes couvertures végétales introduites.
- Pour les activités de production, la modélisation permet également de mieux rendre compte de la distribution de la main d'œuvre dans le courant de l'année.

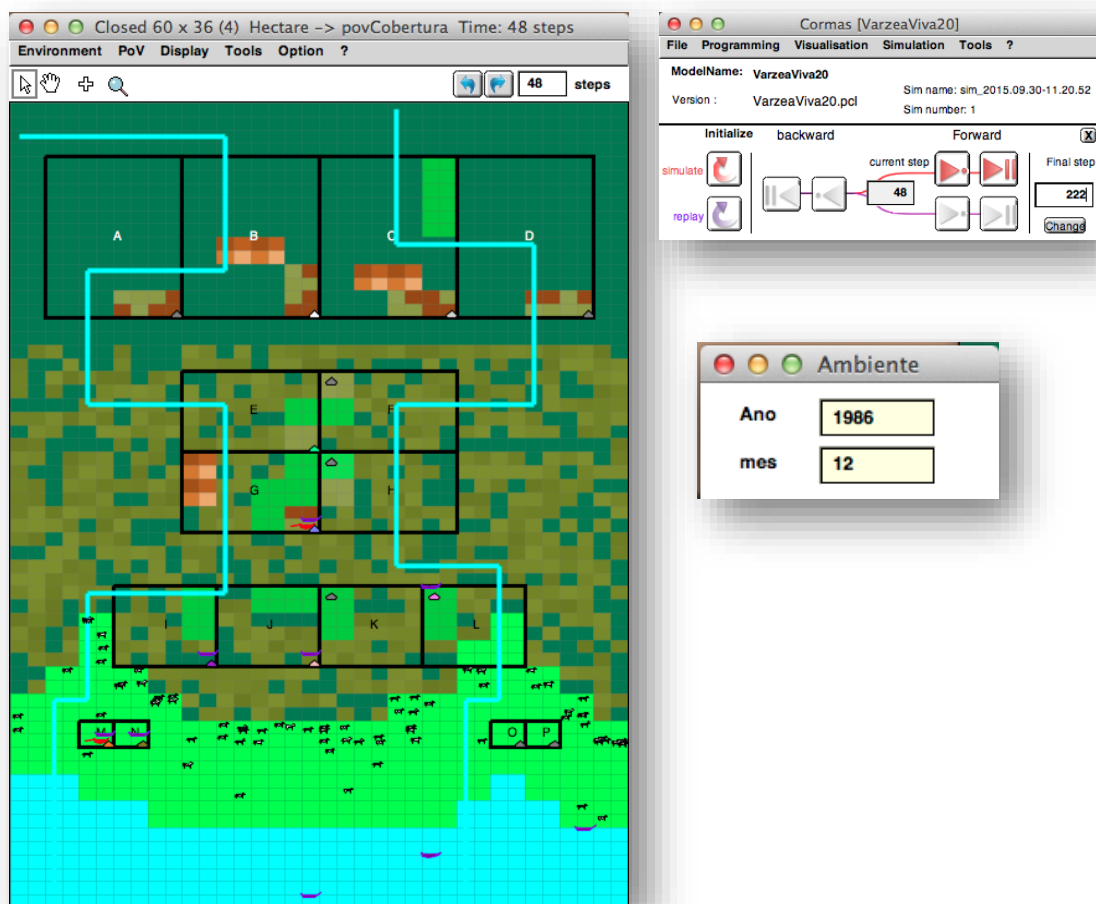


Figure 7 : Ecran de visualisation du modèle hybride VarzeaViva

Le modèle est dit « hybride » car les simulations sont régulièrement suspendues pour permettre aux joueurs de décider de leurs activités et de les poursuivre en tenant compte de ces nouvelles décisions.

La feuille de décision est remplie pour une durée de 4 années, ce qui permet de réaliser des simulations assez longues dans un temps raisonnable. Le joueur

conserve la possibilité de choisir entre les mêmes activités que dans le jeu. Mais les décisions prises pour une année « valent » pour quatre années successives. La feuille de décision rappelle au joueur le coût en main d'œuvre pour chaque activité.

Différents indicateurs peuvent être produits au cours des simulations pour servir de support aux débats, tels que la surface totale en pâturage, la taille du troupeau total ou par famille, la rente totale des communautés, etc. Les simulations peuvent également être « rejouées » pas à pas, ce qui permet une analyse fine des différentes tendances de chaque scénario.

Resultados e Decisões do Jogador

Jogo VarzeaViva

Nome:

Propriedade:

☐ Mata
☐ Capoeira
☐ Roça
☐ Pasto limpo
☐ Pasto sujo
☐ Pasto de varzea
☐ Agua

Capital: R\$ Caixa: R\$

☐ 0 bezerros
☐ 0 vacas
☐ 1 canoas
☐ 1 rabetas

Mao de Obra: 6

Saude: ☐ 0 vez doente
☐ 0 vacas doentes
☐ 4 vacas mortas

Receita média dos 4 anos

Gastos	Ganhos
2,600.00	2,400.00
0.00	11,625.00
73	1,075.00
2,375.00	13,457.00
17,850.00	0.00

Receita média total:

DECISÕES do ANO

Implantar Roça e fazer farinha:

☐ 0 ha
☐ 1 pa
☒ 2 pa (MO/ha)

nas parcelas:

Implantar um SAF:

☐ na floresta ou capoeira
☐ 1 tarefa

Para criar: 1-20 ☐ 20-50 ☐ 51+ ☐

☐ 0 vacas (R\$800)
☐ 0 bezerros (R\$ 400)
☐ Vender todos os novilhos
☒ Vender so garrotes

☐ Vender 0 vacas
☐ Vender 0 bezerros

Plantar pasto: ☒ 0 ha ☐ 1 pa ☐ 2 pa ☐ 3 pa (MO/ha)

Implantar nas parcelas:

Arrendar pasto na TF durante a cheia: ☐ Nao ☒ Sim (+ por 50 vacas)

Pescar:

☐ Comprar canoa (R\$800)
☐ Comprar rabeta (R\$500)

☐ Vender 0 canoa (R\$800)
☐ 0 rabeta (R\$1250)

Quer pescar: ☐ so para consumo (MO) ☒ comercial

Pescar de canoa ☐
 Pescar de rabeta ☐

OK

Figure 8 : Feuille de décision du modèle hybride VarzeaViva

Cependant, malgré sa simplicité relative, le modèle nécessite une calibration importante pour rendre les simulations les plus proches possibles de la réalité quotidienne des acteurs. En phase exploratoire, nous avons pu le tester avec les élèves de la CFR ainsi qu'au cours de séances entre les chercheurs. Les simulations et débats dans les communautés cibles sont prévues pour Avril 2015 dans le cadre des projets que nous avons obtenus pour poursuivre nos activités au-delà de Clim-FABIAM.

Co-construction d'un modèle conceptuel, restitution et interdisciplinarité

Sur le plan méthodologique trois éléments importants ont participé au succès du déroulement du projet Clim-FABIAM.

- La place de la modélisation et d'une manière plus générale la méthodologie ComMod :
 - Les ateliers organisés à Brasilia :
 - Autour de la construction tout d'abord de cartes mentales dans lesquelles les liens entre les activités et les différents processus écologiques ont permis de raffiner les objectifs du projet et de leur appropriation par les chercheurs indépendamment de leur champ disciplinaire,
 - Puis de la construction du jeu qui a permis d'orienter et coordonner les travaux de terrain et le rendu des informations collectées. Le jeu a fait l'objet de séances de test au sein du groupe de chercheurs pour évaluer sa « jouabilité » et son « réalisme ».
 - L'implication de l'école rurale (CFR) dans la construction du jeu a non seulement permis de l'affiner avec les connaissances des acteurs, mais a permis son adoption plus aisée par les communautés, une partie des élèves nous ayant accompagnés lors de plusieurs sessions de jeu dans les communautés.
 - La restitution progressive des résultats de la recherche et des séances d'information dans les communautés (en particulier dans les écoles) ont permis le rapprochement des différents champs disciplinaires.

• Liste des publications et communications scientifiques

I.1 Articles ou communication primaires scientifiques

I.1.1 Dans périodique à comité de lecture

Two practical approaches to monitoring the zooplanktonic community at Lago Grande do Curuai, Pará, Brazil. Leonardo Fernandes Gomes, Ludgero Cardoso Galli Vieira, Marie paule Bonnet. Acta Amazonica.2015

Validation of the trophic state index with phytoplankton groups in the Curuai floodplain, Eudes de O. Bomfim, Marie-Paule Bonnet, Geraldo R. Boaventura, Ina de S. Nogueira, Jérémie Garnier, Lucas G. M. Peres, Maria Tereza Lobo, Cleber N. Kraus, Luciano F. Sgarbi, Ludgero C. G. Vieira, Anne-Elisabeth Laques, David M. Marques, in prep. for Ecological indicators.

Seasonal changes in the diversity of phytoplankton functional groups in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuai), Brazil. Araujo, D, Burliga ALM, Mota Marques, D. et al. In prep for freshwater biology.

Environmental Geochemistry and Trophic State Index in Amazon Floodplains: Case of the Lago Grande Curuai. Eudes de O. Bomfim, Marie-Paule Bonnet, Geraldo R. Boaventura, Daniel Santos Mulholland, Ina de S. Nogueira, Lucas G. M. Peres, Jérémie Garnier, Patrick Seyler, David M. Marques, Anne-Elisabeth Laques in prep for Water Resources Management

Un système d'indicateurs pour évaluer l'impact d'évènements extrêmes sur la sécurité alimentaire en Amazonie. Marie-Flore Doyen, Anne-Elisabeth Laques, Helen Gurgell, Lucas Garcia Magalhães Peres, Eudes de O. Bomfim in prep pour la revue franco-bresilienne Confins

I.1.2 Article dans actes de conférence avec comité de lecture

Livelihoods of local communities in an Amazonian floodplain coping with Global Changes. From Role-Playing Games to hybrid simulations to involve local stakeholders in a participatory prospective study at a territorial level. **Auteurs:** Pierre Bommel, Marie-Paule Bonnet, Emilie Coudel, Eva Haentjens, Cleber Nunes Kraus, Gustavo Melo, Stéphanie Nasuti and Christophe Le Page -8th International Congress on Environmental Modelling and Software in Toulouse, France, on July 10-14, 2016

I. 1.3 Rapports diplômants :

Master:

1. Influência da ocupação humana sobre as propriedades hidráulicas e físico-químicas dos solos da várzea de curuai (pará, brasil) - Alvaro Xavier Ferreira (directeur Jérémie Garnier, UnB) soutenance prévue début 2016
2. Análise de séries temporais de uso e ocupação da terra a partir de sensoriamento na região do Lago Grande do Curuai, Pará. Lucas Garcia Magalhães Peres (directeur Helen Gurgel et Anne Elisabeth Laques) soutenance prévue en 2016.
3. Avaliação da estrutura da comunidade fitoplanctônica em várzeas amazônicas frente às variações hidrológicas, ambientais e espaciais Cleber Nunes Kraus. Soutenu en 2014. Orientador: Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira (UnB, FUP)
4. Sazonalidade da diversidade bacteriana e sua relação com fatores ambientais em um sistema de várzea da Amazônia (Lago Grande do Curuai). Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos. Mariana Câmara dos Reis. Início: 2015. Orientador: Hugo Sarmento (UFSCar), co-orientador: Dra. Luciana Vidal (UFJF).
5. Efeito da hidrodinâmica sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica e grupos funcionais no Lago Grande de Curuai, PARÁ. Dilailson Araujo de Souza - PPG RACAM, UFOPA. Orientador: Sergio Melo (UFOPA), co-orientador: Pr. Ana Luiza Burlinga (UFOPA).
6. Variação espaço-temporal do zooplâncton e utilização em biomonitoramento no Lago Grande do Curuai, Pará, Brasil - Leonardo Fernandes Gomes. Soutenu en 2014. Orientador: Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira (UnB, FUP)

7. Dinâmica do fitoplâncton na várzea de Curuaí (Pará, Brasil) durante a enchente e a vazante - Maria Tereza Morais Pereira Souza Lobo. Soutenu em Mars 2016 – Orientador Prof^a. Dr^a. Ina de Souza Nogueira et Marie Paule Bonnet
8. Alexandre
9. Transition vers une gestion durable des ressources des plaines inondables du bassin amazonien - Accompagner les populations riveraines par la mise en place d'un jeu de rôle. Eva HAENTJENS Diplôme d'ingénieur 2014 de l'ISTOM Ecole Supérieure d'Agro-Développement International – Orientation Emilie Coudel (CIRAD) et Pierre Bommel (CIRAD).
10. La modélisation d'accompagnement : outil pour scénariser les évolutions de la qualité de l'eau, et de la population de poissons d'une plaine d'inondation - Lago Grande do Curuai, Pará, Brésil- Julie Roussel – Diplôme d'ingénieur 2015 de l'ISTOM Ecole Supérieure d'Agro-Développement International – Orientation MP Bonnet (IRD) et Pierre Bommel (CIRAD)

Rapport de these

1. Sistema de Indicadores de Avaliação da Sustentabilidade (SIAS) dos Recursos Naturais no Lago Grande Curuaí, Bacia Amazônica, Brasil. Thèse de Doctorat de **Eudes de Oliveira Bomfim** (Directeur: Anne-Elisabeth Laques (IRD), Geraldo R Boaventura UnB, Marie Paule Bonnet (IRD)) soutenance prévue courant 2016
2. Floodplain Hydrodynamics: Characterization and local modeling with in Situ and remote sensing Data - **Sebastien Pinel**. Orientation Marie Paule Bonnet (IRD) et Joecila Santos da Silva (UEA). soutenance prévue courant 2017

Rapport de stage ingénieur

1. Etude physico-bio-géochimique d'une plaine d'inondation du fleuve Amazone Julie Bois - Diplôme d'ingénieur 2013 de l'Ecole Centrale de Lyon - Orientation MP Bonnet (IRD) et Jérémie Garnier (UnB)
2. Un système d'indicateurs pour évaluer l'impact d'évènements extrêmes sur la sécurité alimentaire en Amazonie –Marie-Flore Doyen Stage Ingénieur de l'Ecole d'ingénieurs de Purpan (Toulouse) – Orientation Anne-Elisabeth Laques

I.1.4 Communication courtes en congrès

1. Pierre Bommel, Marie-Paule Bonnet, Emilie Coudel, Eva Haentjens, Cleber Nunes Kraus, Anne-Elisabeth Laques, Gustavo Melo, Stéphanie Nasuti, Ina de Souza Nogueira From scientific models to Companion Modelling: engaging a dialogue with local actors in an Amazonian floodplain about biodiversity management at a territorial level - ICCB : 27th International Congress for Conservation Biology 4th European Congress for Conservation Biology August 2-6 2015, Montpellier - France (présentation orale)
2. Gustavo Melo, Emilie Coudel and Pierre Bommel, 2014 What futures for the Amazonian floodplains? A participatory prospective approach of a biodiversity hotspot under economic and climate change. Resilience 2014 – Resilience and development: Mobilizing for Transformation (poster)
3. Katz E., Lammel A., 2016 « People, water, fish and plants: Interactions between environmental and social changes in a floodplain of the Brazilian Amazon » P01 How can observing swallows help us adapt to climate change? Biodiversity perceptions as drivers of local understanding of environmental changes, Sourdril A., Welch-Devine M. Anthropology, Weather and Climate Change (Royal Anthropological Institute - Londres, British Museum, 27-29 mai 2016)
4. Katz, E., Lammel, A., 2014, Environmental changes in a floodplain of the Brazilian Amazon, IUAES, Panel 39, Anthropological perspectives on environmental change and sustainable futures (Commission on Anthropology and the Environment) (T. Reuter). Chiba (Tokyo), 14-18/05/14 (17/05/14)
5. Katz, E., Lammel, A., 2012, "Perception of climate change in a multiethnic society : The case of French Guiana". Poster, 13th International Congress of Ethnobiology, Montpellier, (20-25/05/2012).

6. Altair M. S. Maia, Geraldo R. Boaventura; Álvaro X. Ferreira, Eudes de O. Bomfim; Valessa Araújo, Edi M. Guimarães; Marie-Paule Bonnet; Anne-Elisabeth Laques, Jérémie Garnier. Geoquímica dos solos e sedimentos da várzea do lago grande de curuaí, Pará, Brasil” no XV Congresso Brasileiro de Geoquímica, em Brasília no período de 19 e 22 de outubro de 2015.
7. Eudes de Oliveira Bomfim, Marie-Paule Bonnet, Anne-Elisabeth Laques, Daniel Araújo, Jérémie Garnier, Leonardo Gomes, Ludgero Vieira, Ricardo Paiva, Stéphanie Nasuti, Geraldo Boaventura. Biogeochemistry and a Lago Grande Curuaí's aquatic sustainability in the Amazon Basin, Brazil. International Conference Wetlands. Huesca, Espanha. de 14 a 18 de setembro de 2014
8. Eudes de Oliveira Bom fim, Álvaro Xavier Ferreira, Jérémie Garnier, Edi Mendes Guimarães, André Walczuk Gomes, Ricardo Guimarães Paiva, Geraldo R Boaventura, Marie-Paule Bonnet, Leonardo Ribeiro Santana, Rodrigo de Oliveira Barreto. Composição Mineral de Solos da Várzea Lago Grande Curuaí, Bacia Amazônica. 47 Congresso Brasileira de Geologia. de 21 a 26 de setembro de 2014. Salvador/Ba

Tableau des livrables

nom	Equipe responsable	Autres Equipes impliquées	Date	commentaire
Database				
Hydrologie régionale	IRD	UEA	continu	séries de hauteurs d'eau disponibles et actualisées au fur et à mesure
Cartographie de la plaine d'inondation	IRD	UnB, INPE	11-2015	cartographie à partir de 3 dates différentes permettant l'analyse de l'évolution de l'occupation des sols
Indicateur de la biodiversité terrestre				Abandonné car les ressources n'ont pas permis de travailler la biodiversité terrestre comme annoncé dans le rapport intermédiaire
Indicateur de la biodiversité aquatique	UnB	UFG, INPE	11-2015	Des cartes de l'indice trophique validé à partir des groupes fonctionnels du phytoplancton ont été produites. Les cartes avec les indices de shannon pour le phytoplancton et le zooplancton sont en cours d'élaboration.
Elaboration d'outil méthodologique pour la production d'indicateurs de la biodiversité aquatique	IRD	UnB	03-2016	Le système d'indicateurs est en cours d'élaboration, et pour un cadre plus général qui concerne également le contexte social de la plaine d'inondation – Certains produits sont déjà prêts

				comme des indices relatifs à la qualité de l'eau et à la sécurité alimentaire
Outils de modélisation et de prospections de scénarios				
Hydrologie régionale	IPH	IRD, UEA, INPE	11-2012	Modélisation validée de l'hydrologie régionale du bassin Amazonien
Hydrodynamique de la plaine de Curuai	IRD	UEA		La modélisation hydrodynamique distribuée 2D est actuellement en cours.
Modélisation multi-agent et scénarios prospectifs	CIRAD	tous	06-2014	Jeux de rôle appliqué en Aout 2014 dans les communautés
Modélisation multi-agent et scénarios prospectifs	CIRAD	tous	11-2015	Modélisation hybride et premier test à la CFR. L'application dans les communautés est prévue en Avril 2016

Plusieurs publications de synthèse sont attendues dans les trois prochaines années.

Participants au projet

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 1 IRD		
Titulaires	11	Marie-Paule Bonnet (GET) Patrick Seyler (GET) Christelle Lagane (GET) Yves Auda (GET) Anne-Elisabeth Laques (ESPACE-DEV) Frédérique Seyler (ESPACE-DEV) Laurent Durieux (ESPACE-DEV) Stéphane Calmant (LEGOS) Marie-Claude Gennero (LEGOS) Esther Katz (PALOC) Anamaria Lammel (Paris 8)
Doctorant	2	Sebastien Pinel (co-orientation avec Equipe UEA) Eudes Oliveira Bomfim (co-orientation avec Equipe UnB)
Autre		
Stage Ingénieur	3	Julie bois (co-orientation avec Equipe UnB) Julie Roussel (co-encadrement avec l'Equipe CIRAD) Marie Flore Doyen
Mestrado		Lucas Garcia Magalhães Peres (co-direction IRD et UnB)

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 2 CIRAD		
Titulaires	2	Pierre Bommel Emilie Coudel
Post-Doctorant	1	Gustavo Melo (financement brésilien CNPq pour la bourse et fonctionnement sur Clim-FABIAM)
Autre		
Stage Ingénieur	2	Eva Haentjens Julie Roussel (co-encadrement avec l'Equipe IRD)

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 3 UnB		
Titulaires	4	Jérémie Garnier Géraldo Boaventura Marcel Burzryn Ludgero Cardoso Galli Vierra
Post-Doctorant	1	Stéphanie Nasuti (financement CAPES via le réseau brésilien Climat qui a pu consacrer environ 30% de son temps au projet)
Doctorant	1	Eudes Oliveira Bomfim (co-orientation avec Equipe IRD)
Autre		
Mestrado	4	Cleber Nunes Kraus Alvaro Xavier Ferreira Lucas Garcia Magalhães Peres (co-orientation avec Equipe IRD) Leonardo Fernandes Gomes

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 4 UFOPA		
Titulaires	2	Sergio Melo Ana Luiza Burlinga
Autre		
Mestrado	1	Dilailson Araujo de Souza

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 5 UFG		
Titulaires	1	Ina de Souza Nogueira
Autre		
Mestrado	1	Maria Tereza Lobo

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 6 UFJF		
Titulaires	1	Luciana Vidal
Autre		
Mestrado	1	Mariana Câmara dos Reis

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 7 UEA		
Titulaires	1	Joecila Santos da Silva
Doctorant	1	Sebastien Pinel (co-encadrement avec Equipe IRD)

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 8 INPE		
Titulaires	2	Claudio Barbosa Evelyn Novo
Doctorant	1	Lino A. S. Carvalho qui a pu contribuer pour environ 20% de son temps au projet

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 9 MAST		
Titulaires	1	Priscila Falhauber Barbosa

Equipe	Nombre	Nom, prénom
Equipe n° 10 IPH		
Titulaires	3	Walter Collischonn David Motta Marques Rodrigo D. C. Paiva

4. Autres actions et produits de diffusion et exploitation des résultats

Diffusion, communication et transfert de connaissance

Comme évoqué précédemment,

- Différentes interventions dans les écoles des communautés ciblées ont été organisées
- La mise en place d'un partenariat avec l'école familiale rurale - CFR qui a permis d'associer les élèves aux processus de la recherche



- Des posters et les présentations réalisées aux cours des séances d'information et de restitutions ont été distribuées sur clefs USB aux présidents des communautés, des posters ont également été imprimés et diffusés dans les communautés. L'ensemble de ces produits ont également été transmis et présentés au siège de la FEAGLE (syndicat des agriculteurs du Lago Grande).
- Un film a été réalisé d'environ 15 mn à partir des vidéos réalisées sur le terrain – Il a été projeté dans les communautés et à la CFR. La bande son comprend également des musiques composées par les chercheurs et élèves de l'école, ainsi que des chansons interprétées par les acteurs locaux. Le film a également été laissé dans les communautés. Nous sommes en train de le finaliser pour une diffusion plus large.

Outil de gestion ou d'aide à la décision développé :

Le modèle hybride une fois testé dans les communautés sera remis à la FEAGLE et certains personnels, en particulier son président qui nous a accompagné tout au long du projet, seront formés à son utilisation.

Activités de suivi et projets de valorisation des résultats

Le projet Clim-FABIAM est à l'origine de 3 projets acceptés en 2015.

- Le projet Bloom-ALERT du programme GUYAMAZON soutenu par les institutions françaises IRD, CIRAD, Ambassade de France et brésiliennes de soutien à la recherche (FAP) des états du Maranhão, Amapá et Amazonas. Ce projet repose sur un consortium qui reprend en grande partie celui du projet Clim-FABIAM en particulier côté français sur un partenariat IRD-CIRAD et propose de poursuivre la construction de scénarios prospectifs mais en mettant plus l'accent sur la qualité de l'eau et en particulier le développement des cyanobactéries qui présentent un risque pour la santé animale et humaine.
- Le projet SINBIOSE du programme GUYAMAZON qui propose le développement d'indicateurs de la biodiversité terrestre et aquatique en forte interaction avec les institutions locales.
- Le projet ODYSSEA "Observatory of the Dynamics of interactions between societies and environment in the Amazon. Sustainability and adaptations to global changes" du programme européen MSCA/RISE H2020. Ce projet qui rassemble plusieurs réseaux brésiliens et internationaux autour des enjeux de l'observation des changements environnementaux en appui aux politiques publiques et de fédération d'expertises sur les questions sociales, environnementales ou de santé en Amazonie est une opportunité unique pour capitaliser connaissances et savoir-faire sur les différentes facettes des interactions environnement-société en Amazonie.

Les travaux sur le site de Curuai et les problématiques qui y ont été abordées dans le projet Clim-FABIAM pourront donc être poursuivies et approfondies. Plusieurs étudiants engagés dans un mestrado lors du projet Clim-FABIAM poursuivent leurs travaux en doctorat dans le cadre du projet Bloom-ALERT (Cleber et Maria Tereza).

5. Accès aux données

Si le projet Clim-FABIAM a globalement bien fonctionné, il est cependant clair que le déroulement a été plus long que prévu initialement, en grande partie pour assurer un

développement interdisciplinaire des outils et une appropriation des résultats par tous. Ainsi, pour l'instant, il nous reste encore de nombreuses données à exploiter et à valoriser avant de pouvoir libérer les données acquises. Une base de données sera cependant construite au cours du projet ODYSSEA avec le produit Constellation-SDI (<http://www.constellation-sdi.org/fr/>) et sera disponible au grand public dans un délai de 5 ans après l'achèvement de Clim-FABIAM.